

Рассчитанные энергии для различных видов магнитного
упорядочения в CuCl_2 .

Магнитное состояние	Энергия в расчёте на одну формульную единицу, эВ	
	U=0	U=7
FM	-21,20253992	-17,3610792
AFM1	-21,23212238	-17,37338117
AFM2	-21,19813945	-17,34638137
AFM3	-21,19561788	-17,35524367
AFM4	-21,28520833	-17,36915965
AFM5	-21,27613881	-17,41920988

В дальнейшей работе в рамках первопринципных расчетов электронной структуры будут исследованы микроскопические механизмы магнитных взаимодействий CuCl_2 , а также рассчитаны колебательные спектры.

1. G. Kresse, J. Hafner, Phys. Rev. B, 47, 558 (1993).
2. C.Lee, Jia Liu et al., Phys. Rev. B, 86, 060407 (2012).
3. A.I.Liechtenstein, V.I. Anisimov et al., Phys. Rev. B, 52, R5467 (1995).

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАДИЕНТОМЕТРА ВТОРОГО ПОРЯДКА В МАГНИТОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Потанина Ю.В.^{1*}, Куликова Т.В.¹, Волегова Е.А.^{1,2},
Степанова Е.А.¹, Волегов А.С.^{1,2}

¹) Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²) ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии»,
г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: yuliapotanina@rambler.ru

APPLICATION OF THE SECOND ORDER GRADIOMETER IN MAGNETIC MEASUREMENT SYSTEMS

Potanin Yu.V.^{1*}, Kulikova T.V.¹, Volegova E.A.^{1,2}, Stepanova E.A.¹, Volegov A.S.^{1,2}

¹) Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²) Ural Research Institute for Metrology (UNIIM), Yekaterinburg, Russia

It was estimated characteristics of magnetic measurements precision of equipment using second order gradiometer by the natural and computer experiments. Natural experiments were produced using magnetic property measurement system MPMS-XL-7. Finite element method realized in COMSOL Multiphysics was used for computer experiment.

Для исследования магнитных свойств различных материалов в современной прецизионной магнитометрии широко используются градиентометры второго порядка, например, в магнитоизмерительных комплексах MPMS-XL, SQUID-VSM, работающих на основе квантового эффекта Джозефсона. Размер исследуемых объектов может достигать 15 мм. При градуировке магнитометра и измерении магнитного момента образца реальные размеры и положения последнего относительно оси градиентометра не могут быть явно учтены, что является причиной систематической погрешности измерений на подобном оборудовании.

Цель настоящей работы – исследование влияния размера, формы и положения образца относительно оси и центральной плоскости градиентометра второго порядка на результаты измерений магнитного момента методами натурального и компьютерного эксперимента.

Для проведения натурального эксперимента был использован комплекс MPMS-XL-7 с первичным преобразователем на основе сквида и государственный стандартный образец (ГСО) удельной намагниченности железо-иттриевого граната ГСО 9444-2009. Образец фиксировался в центре поликарбонатной капсулы, которая затем помещалась в пластиковую трубку. Магнитный момент капсулы составляет не более 0,1 % от магнитного момента ГСО и был учтен при обработке результатов.

При проведении компьютерного эксперимента использован метод конечных элементов. Расчет реализован в программном пакете COMSOL Multiphysics.

При моделировании градиентометра учитывались его реальные размеры в магнитоизмерительном комплексе MPMS-XL-7 EC: радиус катушек 0,97 см, расстояние между витками 1,519 см, а также реальный размер и спонтанная намагниченность ГСО 9444-2009 (диаметр образца 1 мм, удельная спонтанная намагниченность $27,6 \text{ А} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$).

Расчет векторного потенциала выполнялся для образца, дискретно перемещаемого вдоль оси градиентометра. После выполнения расчета значений векторного потенциала в каждом конечном элементе заложенной модели осуществлялось интегрирование магнитного потока Φ в плоскости каждого витка градиентометра.

Разработана модель градиентометра второго порядка и предложена методика расчета магнитного потока, пронизывающего его, методом натурального и компьютерного экспериментов.

Методом конечных элементов по предложенной методике получены зависимости изменения магнитного потока, пронизывающего градиентометр, от смещения намагниченных объектов различных форм и размеров в различных направлениях.

Выполнена оценка составляющей систематической погрешности измерения магнитного момента и магнитной восприимчивости, вызванная отклонением положения образца в горизонтальной плоскости от оси градиентометра для образцов различных форм. Указанная погрешность может достигать 10 %.